



**PROJETO DE AMPLIAÇÃO DO ALVÉOLO SUL DO ATERRO SANITÁRIO  
ANEXO À CENTRAL DE VALORIZAÇÃO ENERGÉTICA**

**P.2654 – ESTUDO PRÉVIO**

**SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS E LIXIVIADOS**

**REVISÃO 0**



NOVEMBRO DE 2020



## **1 SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL**

As condições climáticas são consideradas determinantes na operação de um aterro, e especialmente na exploração do mesmo. Particularmente, no que diz respeito à precipitação ocorrida na área de exploração, o seu contributo na produção de caudais lixiviados é considerado de elevada relevância, tornando-se assim fundamental a eliminação ou redução da entrada de água pluvial no aterro em exploração, traduzindo-se em vantagens económicas e ambientais associadas.

As redes de drenagem são dimensionadas tendo por base vários fatores dos quais se encontram diretamente dependentes, sendo considerados os principais a pluviosidade verificada no local, o coeficiente de escoamento e a área drenante. A rede de drenagem pluvial tem por principal objetivo encaminhar as águas captadas de forma direcionada para um determinado ponto de recolha, minimizando deste modo a formação de linhas preferenciais de escoamento e eventual desgaste e erosão de materiais.

### **1.1 DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO**

O sistema de drenagem pluvial considera-se de carácter fundamental, sendo previsto e implementado, no topo dos taludes ao longo de toda a periferia da área de ampliação projetada para o alvéolo sul, permitindo a recolha das águas pluviais incidentes na envolvente, evitando a entrada de escoamento superficial durante a exploração.

A recolha das águas pluviais será realizada por intermédio de valetas de betão em meia cana com escoamento em superfície livre e gravítico, encaminhando o caudal de águas pluviais captadas à rede de drenagem pluvial existente em dois pontos distintos, conforme visível na Peça Desenhada n.º 5. Após a confluência das águas pluviais recolhidas na área de ampliação com a rede de drenagem pluvial existente, estas serão descarregadas para meio natural, nos mesmo pontos de descarga atualmente utilizados.

As valetas de drenagem pluvial a implementar apresentarão um diâmetro de 200 mm, construídas ao longo de toda a periferia da área de ampliação do alvéolo sul, seguindo a modelação prevista para a área de ampliação.



## **1.2 CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA**

O dimensionamento da rede de drenagem, conforme referido, tem por base vários fatores dos quais se encontra diretamente dependente, sendo considerados como principais a pluviosidade, o coeficiente de escoamento e a área drenante.

Assim, no que diz respeito aos dados de pluviosidade, consideraram-se as curvas IDF (Intensidade – Duração – Frequência) para a Região Pluviométrica A, para determinação da intensidade média máxima de precipitação, ou seja, dos valores de precipitação de ponta a serem tidos em conta na quantificação de águas pluviais.

## **1.3 CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA**

A caracterização qualitativa das águas pluviais consiste num outro fator bastante importante, para além dos dados de carácter quantitativo, uma vez que permitirá a definição da solução de tratamento a adotar, garantindo o correto e adequado encaminhamento minimizando deste modo os perigos para o meio ambiente e saúde pública.

As águas pluviais recolhidas na periferia da área de ampliação do alvéolo sul são resultantes da precipitação verificada no local, podendo relativamente a este critério serem consideradas não contaminadas e deste modo dispensadas de tratamento.

## **1.4 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO**

### **1.4.1 CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA**

O quantitativo de águas pluviais a considerar no dimensionamento das redes de drenagem pluvial encontra-se diretamente dependente dos valores de precipitação verificados nas áreas a drenar. Assim, a caracterização quantitativa das águas pluviais teve em conta o cenário de precipitação de ponta.

A determinação do valor de precipitação de ponta foi efetuada recorrendo à utilização do Método Racional, com definição da intensidade de precipitação tendo por base os parâmetros das curvas IDF (Intensidade – Duração – Frequência) para a Região Pluviométrica A.

O caudal de águas pluviais a considerar encontra-se dependente, para além dos valores de precipitação verificada, do coeficiente de escoamento da área drenante, indicando a percentagem de precipitação que não é infiltrada e que deverá ser contabilizada no dimensionamento da solução.



#### **1.4.2 HIDRÁULICO-SANITÁRIOS**

O sistema de drenagem pluvial será unicamente composto por valetas em betão em meia cana, nas quais será considerado um escoamento gravítico e com superfície livre. Sendo considerada esta tipologia de escoamento, os principais critérios de dimensionamento adotados consistiram no caudal afluyente às valetas e respetivo diâmetro, altura de escoamento, coeficiente de rugosidade e inclinação.

O caudal de águas pluviais a considerar no dimensionamento das valetas dependerá, tal como referido anteriormente, da precipitação verificada em cenário de ponta, e da área drenante a escoar para cada troço das valetas pluviais, adotando-se um coeficiente de escoamento entre 0 e 1, de acordo com a capacidade de infiltração da área a drenar.

No dimensionamento das valetas pluviais considerou-se uma altura de escoamento a meia secção, uma vez que foram consideradas valetas em meia cana permitindo deste modo não inundar as áreas envolventes. Nestas valetas fabricadas em betão, e sendo o coeficiente de rugosidade ( $K_s$ ) um dos parâmetros a adotar no dimensionamento da rede de pluviais, considerou-se um valor de  $K_s$  de  $75 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ , tendo em conta que este valor depende exclusivamente da natureza do material utilizado na rede.

Numa rede de drenagem, para além da altura de escoamento e do coeficiente de rugosidade são de grande relevância a velocidade de escoamento e o diâmetro a adotar, com interferência direta da inclinação de escoamento adotada. Idealmente os valores de inclinação situam-se entre os 2% e os 4%, podendo no limite serem aceitáveis, e caso se justifique, valores entre os 0,3% e os 15%. Na situação em estudo, as valetas pluviais instaladas acompanharão a inclinação da modelação, ou seja entre 0,3% e 7,51% de acordo com as cotas da modelação da célula.

A rede de drenagem, e posteriormente à determinação do diâmetro, deverá cumprir os parâmetros de dimensionamento característicos de um escoamento gravítico, nomeadamente velocidade de escoamento e poder de transporte. O cumprimento dos valores limite da velocidade de escoamento e o poder de transporte estipulados, permitirá garantir a ausência de deposição de sólidos na rede, devendo os valores calculados serem inferiores a  $5,0 \text{ m/s}$  para o caso da velocidade de escoamento e superior a  $2,5 \text{ N/m}^2$  no caso do poder de transporte (ou uma velocidade de mínima de escoamento de  $0,9 \text{ m/s}$ ).



### 1.4.3 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

A intensidade média de precipitação, para o cenário de ponta, foi obtida pelo produto da equação da curva IDF (Intensidade – Duração – Frequência) para a Região Pluviométrica A e pela admissão de uma duração da chuvada de 15 minutos, com um período de retorno de 50 anos. A curva IDF é traduzida pela seguinte expressão:

$$I = a \times t^b,$$

em que:

I – intensidade média máxima de precipitação, em mm/h;

t – duração da chuvada, em minutos;

a e b – coeficientes adimensionais, dependentes da zona (Região Pluviométrica A) e período de retorno (T=50 anos), estabelecidas no o Anexo IX do Decreto Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto;

Os coeficientes a e b, para o período de retorno referido e para a Região Pluviométrica em causa, apresentam os seguintes valores:

Quadro 1 - Valores das constantes a e b, Região Pluviométrica C

Período de Retorno	a	b
50 anos	349,54	-0,524

A intensidade de precipitação, de acordo com a equação da curva IDF, terá um valor de 84,57 mm/h.

No que diz respeito ao cenário de precipitação de ponta, o caudal de águas pluviais a encaminhar à rede de drenagem de pluviais, é obtido por meio do Método Racional, traduzido pela seguinte expressão:

$$Q = \frac{I}{1000} \times c \times A$$

em que:

Q – caudal escoado na área drenante, m<sup>3</sup>/h;

I – intensidade média máxima de precipitação, em mm/h;

c – coeficiente de escoamento, adimensional, de 1,0;

A – área drenante, em m<sup>2</sup>.

Tendo em conta que a área drenante que contribuirá para o escoamento a drenar na rede de drenagem pluvial é diminuta, foi considerado a implantação de valetas meia-cana com um diâmetro mínimo de 200 mm.



## **2 SISTEMA DE DRENAGEM DE LIXIVIADOS**

O sistema de drenagem de lixiviados previsto para a ampliação do alvéolo sul, contempla a drenagem dos lixiviados gerados no interior desta área de ampliação, por intermédio da precipitação sobre ela incidente, uma vez que, dada a tipologia dos resíduos a depositar, não se prevê a produção de lixiviados pela perda de água por parte da massa de resíduos.

O conjunto de infraestruturas consideradas tem como objetivo a recolha dos lixiviados ao nível do fundo da área de ampliação, e o seu encaminhamento à rede de drenagem de lixiviados existente, quer pelo sistema de drenagem de fundo existente, por ligação direta a coletor existente, ou pela bombagem para a rede de drenagem existente.

### **2.1 DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO**

Dada a especificidade associada à drenagem de lixiviados da ampliação de um alvéolo, a descrição da solução terá em conta as suas diferentes componentes, nomeadamente, as respeitantes à drenagem interna, executada no fundo da área de ampliação, e a referente ao encaminhamento dos lixiviados recolhidos no fundo da área de ampliação à rede de drenagem existente.

O sistema de drenagem de lixiviados no fundo da área de ampliação, engloba os seguintes elementos:

- Camada drenante de fundo, situada sob a massa de resíduos e sobre o sistema de impermeabilização da célula;
- Vala de drenagem de lixiviados, localizada entre o sistema de impermeabilização do fundo e a camada drenante de fundo;
- Drenos de reintrodução de lixiviados no alvéolo sul.

A camada drenante de fundo apresenta duas funções distintas, de igual importância, no adequado funcionamento e proteção do sistema de recolha e drenagem de lixiviados e do sistema de impermeabilização artificial do fundo. Esta camada apresenta uma permeabilidade tal que permite uma rápida remoção dos lixiviados no fundo do aterro, adjuvada pela inclinação adotada para esta e para as camadas subjacentes. Por outro lado, evita que sejam encaminhados às redes drenantes localizadas inferiormente, sólidos de maiores dimensões, servindo como uma barreira filtrante que tem como intuito evitar a colmatação da própria camada drenante, bem como da vala de drenagem. Garante ainda a não existência de contacto direto entre os primeiros resíduos depositados e o sistema de impermeabilização, minimizando o risco de rompimento dos geossintéticos.



A camada drenante terá uma altura de 0,5 metros, e acompanhará a modelação efetuada para o fundo da área de ampliação, ou seja, apresenta uma inclinação de 2% no sentido dos pontos de reintrodução de lixiviados no alvéolo existente ou do ponto de ligação à rede existente. Será constituída por brita, isenta de material calcário, e apresentará uma condutividade hidráulica igual ou superior a  $10^{-3}$  m/s.

Inferiormente à camada drenante, estará colocada a vala de drenagem que direciona o escoamento aos pontos mais baixo do fundo da área de ampliação e a partir do qual os lixiviados serão conduzidos à rede de drenagem existente.

A vala de drenagem de lixiviados será constituída por dreno em tubagem ranhurada a meia cana, envolta em material britado. As tubagens constituintes das valas primárias serão executadas em Polietileno (PE), e terão um diâmetro de 200 mm.

O material drenante constituinte da vala drenante estará protegido superiormente por geotêxtil não tecido, de 200 g/m<sup>2</sup>.

Nos pontos baixos da modelação do fundo da área de ampliação do alvéolo sul em que não será possível a ligação à rede externa de drenagem de lixiviados existente, foi preconizada a implantação de drenos de reintrodução dos lixiviados no alvéolo sul, de modo a que estes sejam posteriormente drenados pela drenagem de fundo existente, e assim conduzidos para a rede exterior de drenagem de lixiviados existente, e conseqüentemente ao sistema de tratamento existente.

Foi ainda previsto a implantação de um poço de bombagem no ponto mais baixo da modelação da área de ampliação do alvéolo sul, permitindo assim, a retirada de lixiviados ou a sua reinjecção na massa de resíduos, por recurso a grupo electrobomba portátil.

## **2.2 CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA**

A caracterização quantitativa dos lixiviados gerados na área de ampliação do alvéolo sul depende de na sua totalidade da precipitação verificada sobre a área de ampliação.

A determinação do valor de precipitação de ponta foi efetuada recorrendo à utilização do Método Racional, com definição da intensidade de precipitação tendo por base os parâmetros das curvas IDF (Intensidade – Duração – Frequência) para a Região Pluviométrica A.



Salienta-se que foram desprezados os restantes dados e parâmetros climatológicos, nomeadamente, os referentes à evaporação, permitindo assim uma majoração por segurança do sistema de recolha e drenagem de lixiviados.

A minimização dos caudais de lixiviados a drenar é conseguida pela interceção e drenagem das águas pluviais caídas na periferia da área de ampliação, por recurso a valeta a meia cana contornando todo o perímetro da referida área, encaminhando as águas pluviais à rede de drenagem pluvial existente.

## **2.3 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO**

### **2.3.1 CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA**

Sendo o fator principal interveniente na produção de lixiviados os valores de precipitação, a caracterização quantitativa foi realizada para o cenário mais desfavorável, correspondente à situação de ponta, verificada no início da exploração da área de ampliação, uma vez que neste período não se verifica o factor de amortecimento do caudal causado pela infiltração da precipitação na massa de resíduos.

Para a precipitação de ponta foi utilizado o Método Racional, com definição da intensidade de precipitação com base nos parâmetros das curvas IDF (Intensidade – Duração – Frequência) para a Região Pluviométrica A.

Sendo os valores de precipitação equivalentes ao caudal gerado por área drenante, o critério complementar para que se possa estimar o caudal de água pluvial contribuinte na formação de lixiviados é a área ocupada pela ampliação do alvéolo sul. De acordo com a modelação de terreno efetuada, a área drenante considerada é de 4570 m<sup>2</sup>.

A rede de drenagem de lixiviados será dimensionada tendo em conta várias tipologias de escoamento, considerando as diferentes trajetórias e condicionantes que o efluente atravessa até ao ponto de descarga final. Neste sentido, apresentam-se os critérios hidráulico-sanitários para as três tipologias de escoamento considerados, escoamento em meio poroso, escoamento gravítico em superfície livre e escoamento sob pressão.

#### **a) Escoamento em meio poroso**



Na determinação e cálculo do escoamento em meio poroso (camada drenante de fundo), foram considerados para além dos elementos referentes à caracterização quantitativa, ainda os seguintes elementos:

- Área de impermeabilização da ampliação de 4570 m<sup>2</sup>;
- Condutividade hidráulica da massa de resíduos (10<sup>-5</sup> m/s);
- Tipologia e características da camada drenante, designadamente, de gravilha ou material britado, não calcário, D50 entre 2 a 20 mm, com uma condutividade hidráulica de 10<sup>-3</sup> m/s;
- Uma espessura de 0,50 m para a camada drenante de fundo;
- Uma inclinação de fundo, idêntica à da camada drenante, de 2%;

O dimensionamento foi realizado tendo em conta os princípios da Lei de Darcy, através da fórmula de Ernst.

*b) Escoamento gravítico em superfície livre*

O escoamento gravítico refletirá a drenagem ao nível dos coletores de fundo inseridos na vala drenante de fundo. O caudal adotado no dimensionamento dos coletores é resultante dos cálculos efetuados no dimensionamento do escoamento em meio poroso.

O escoamento gravítico, em superfície livre, seguirá os preceitos definidos para a drenagem pública de águas residuais, conforme as regras presentes no Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (Decreto Regulamentar n.º 23/95).

No dimensionamento em escoamento gravítico em superfície livre foram considerados os seguintes critérios:

- Inclinação dos coletores idêntica à inclinação de fundo;
- Altura de escoamento limitado a meia secção;
- Velocidade de escoamento inferior a 3 m/s;
- Poder de transporte superior a 2,5 N/m<sup>2</sup>;
- Diâmetro mínimo de 200 mm para os coletores de recolha de lixiviados;
- Tubagens em PEAD, PN 16 e coeficiente de rugosidade (K<sub>s</sub>) de 125 m<sup>-1/3</sup>/s.

O cálculo e verificação das condições hidráulico-sanitárias de escoamento foram realizados através da equação de Manning-Strickler.